الفصل السادس عشر

ميكروبيولوجيا الحبوب ومنتجاتها والأغذية ذات المحتوى العالي من السكر

• تلوث الحبوب ومنتجاتها ومظاهر فسادها • طرق حفظ الحبوب ومنتجاتها • المواد الغذائية ذات المحتوى السكري المرتفع

تعد الحبوب المصدر الرئيسي للسعرات الحرارية لمعظم سكان المعمورة ويأتي الأرز في مقدمة الحبوب من حيث الاستهلاك، ثم القمح فالذرة.

تلوث الحبوب ومنتجاتها وحفظها وفسادها

وتشمل القمح والأرز والذرة ومنتجاتها مثل الدقيق، والخبز، والكعك، والفطائر. ويأتي تلوث الحبوب أساساً من التربة، كما تتلوث من الهواء ومن الأسمدة العضوية ومياه الري الملوثة وكذا الحشرات. وعادة تحتوي الحبوب الطازجة على آلاف إلى ملايين من البكتيريا/جم وعلى مئات إلى مائة ألف جرثومة عفن/جم. ويبين (الجدول رقم ٣٩) الأجناس الميكروبية الشائعة.

وتحتوي الحبوب الناضجة الجافة عادة على نسبة لا تزيد على ١٣-١٥٪ من الرطوبة مما يجعلها حصينة ضد الكثير من الميكروبات. ومن الأهمية إبقاء نسبة الرطوبة دون ١٣٪ للحفاظ على الحبوب من الفساد، وتجدر الإشارة إلى أن الرطوبة النسبية في الجو المحيط تؤثر كثيراً في المحتوى الرطوبي للحبوب ويعتقد أنه يلزم إبقاء الرطوبة النسبية RH

الجدول رقم (٣٩). الميكروبات التي تتسبب في فساد الحبوب ومنتجاتها.

الأجناس البكتيرية	أجناس الأعفان	أجناس الخمائر
باسلس *Bacillus*	رايزوبس *Rhizopus*	كانديدا *Candida*
لاكتوباسلس *Lactobacillus*	نيوروسبورا *Neurospora*	ترايكوسبورون *Tricosporon*
ستربتوكوكس *Streptococcus*	اسبرجلس *Aspergillus*	إندومايكوبسيس *Endomycopsis*
أسيتوباكتر *Acetobacter*	بنسيليوم *Penicillium*	
ليوكونوستك *Leuconostoc*	مونيليا *Monilia*	
سيريشيا *Serratia*	جيوتريكوم *Geotricum*	

دون ٦٥٪ للحد من فساد الحبوب المخزنة، كما وجد أن حفظ درجة حرارة الصوامع والحد من وجود الأكسجين داخل الصوامع يعمل على تحسين قابلية الحبوب للتخزين. ويعود السبب إلى أن الحبوب تتلوث عادة في الحقل من مختلف مصادر التلوث المعروفة، وتنتقل معظم هذه الملوثات إلى الصوامع ولاسيما جراثيم البكتيريا وجراثيم الأعفان وبعض البكتيريا المتحملة للجفاف. ولذا فإن هذه الميكروبات — متى ما وجدت الظروف المناسبة — تنمو وتتكاثر ولاسيما الأعفان التي تتحمل انخفاض النشاط المائي a_w. ووجد كثير من الباحثين أنه يكفي الوصول إلى نسبة رطوبة تعادل ١٥٪ لكي تنمو الأعفان و١٧٪ لكي تنمو البكتيريا؛ ولهذا فإن المؤسسة العامة لصوامع الغلال ومطاحن الدقيق تشترط على المزارعين الذين يوردون محصولهم للصوامع ألاّ تزيد نسبة الرطوبة بالقمح الوارد على ١٤٪. أما إذا زادت الرطوبة عن ذلك (١٦٪ فأكثر) عندها يبدأ نمو الأعفان، وعندما تزداد الرطوبة أكثر من ذلك بكثير، أو بالنسبة

للمنتجات ذات الرطوبة العالية تصبح الفرصة سانحة لنمو البكتيريا، ويحدث هذا تحت ظروف تخزين خاصة مثلما هو الحال عندما يرتفع معدل الرطوبة النسبية في الجو في المناطق الساحلية كجدة والدمام وجازان أو الجزر مثل فرسان.

ومن الأعفان الشائع وجودها في الحبوب *Rhizopus, Penicillium, Aspergillus, Cladosporum* ومعظمها يأتي من الحقل. أما البكتيريا الشائعة فهي تنتمي للأجناس *Lactobacillus, Micrococcus, Bacillus, Sarcina, Serratia*.

ينصب تأثير البكتيريا أساساً على العجين، ولاسيما البكتيريا المنتجة للحمض حيث تعمل على تحميض العجينة Acid dough الأمر الذي يؤثر في الخواص الحسية للخبز من طعم وقوام وقد تؤثر في الخبز كما هو الحال بالنسبة للخبز "الغربي" أو ما يعرف بالشرائح حيث تسبب بعض أفراد جنس باسلس ما يعرف بالمطاطية Ropy bread، أما الأعفان وبدرجة أقل الخمائر فإنها المسبب الرئيسي للفساد في مختلف أنواع الخبز؛ ولذا فإن فترة صلاحية الخبز تتحدد غالباً بظهور العفن؛ أي يمكن القول إن فترة صلاحية الخبز هي الفترة التي يبقى فيها الخبز خالياً من نمو العفن Mold free shelf life وفي سلسلة بحوث للمؤلف وآخرين قدرت هذه الفترة على النحو التالي لبعض أنواع الخبز المنتشرة محليا (الجدول رقم ٤٠).

مظاهر الفساد في الخبز

يعتبر الخبز الطازج شبه معقم نظراً للحرارة التي يتعرض لها أثناء عملية الخبز، والتي تزيد عادة على المائة درجة مئوية. ومعظم حالات التلوث بالميكروبات تحدث كنتيجة للتلوث بعد عملية الخبز. ومن مظاهر الفساد في الخبز ما يلي:

١- تحمض الخبز Sour bread

وهو نتيجة لنمو بكتيريا القولون وحمض اللبن والتي تتسبب في إنتاج حمض

اللبن أثناء العجن محدثة ما يسمى بالعجينة الحامضة Sour dough.

الجدول رقم (٤٠). فترات الصلاحية لبعض أنواع الخبز الشائعة في المملكة.

نوع الخبز	فترة الصلاحية (يوم)	
	عند درجة حرارة الغرفة	في الثلاجة
الصامولي	٤,١	٣٧,١
البر	٤	٢١
التميس	٤,٥	٤٢,٥
التنوري	٣	٢٠
الشامي	٥,١	٢٦,٦

٢- الخبز المطاطي Elastic bread

وينشأ هذا من جراء نمو بكتيريا محللة للبروتين مما يسبب لزوجة العجينة Sticky dough ويلحق بهذا ما يسمى بالتخيط Ropiness ويحدث في الخبز الإفرنجي (الشرائح) ولاسيما في فصل الصيف ويكون نتيجة لنمو *Bacillus licheniformis, Bacillus subtilis, Baciluls mesenteroides* هذه البكتيريا المتجرثمة يمكن أن تفلت من حرارة الخبز بسبب ثخانته.

٣- البقع الحمراء الدموية Bloody Bread

وتسببها البكتيريا *Serratia marcescens* التي تنتج صبغة حمراء دموية، وتسببها أيضاً الخميرة *Rhodotorula*.

٤-نمو العفن

ويمكن تمييز ما يلي من الأعفان التي يمكن أن تنمو على الخبز وهي: *Rhizopus stolonifer* ويسبب تلون الخبز باللون الأسود (عفن الخبز الأسود)، والعفن

Penicillium expansum ويتميز بمظهره الأخضر، والعفن *Aspergillus niger* ويتميز بمظهره الأخضر المسود مع وجود صبغة صفراء منتشرة، والعفن *Monilia sitophila* أو *Neurospora sitophila* يتميز بلون بني إلى لون محمر، أي أنه يسبب عفن الخبز الأحمر. أما الخميرة فيمكن تمييزها بنموها الطباشيري Chalky bread ومن الخمائر التي تسبب ذلك *Endomycopsis*، و *Trichosporon*.

وفي عدة دراسات أجراها المؤلف وآخرون على الخبز الشائع في المملكة العربية السعودية، اتضح أن الأعفان كانت أول مظاهر الفساد التي تصادف في جميع عينات الخبز المختبرة. وقد أوضحت الدراسات أيضا أن الجنسين بنسيليوم وأسبرجلس كانا أكثر الأعفان التي عزلت من (٨٠٪) من عينات الخبز المخزنة عند درجات حرارة الجو العادي (~٢٤°م) بعد فسادها، تلاهما كل من رايزوبس ونيوروسبورا بدرجات متقاربة. أما الخبز المبرد (في الثلاجة) فكان جنس بنسيليوم هو السائد تلاه نيوروسبورا، ولم يظهر أي نوع ينتمي للجنسين أسبرجلس ورايزوبس.

طرق حفظ الحبوب ومنتجاتها

لأن الحبوب ومعظم منتجاتها تكون عادة شبه جافة؛ لذا فإنها في شبه مأمن من الفساد نسبياً مادامت باقية كذلك. ولتقليل فرص نموها يوصى بأن تخزن الحبوب على درجة حرارة ٧-١٠°م. وبالنسبة للمنتجات التي يتم تعريضها للحرارة مثل الخبز ومعظم أنواع الكيك فهي تعتبر من الأغذية متوسطة الرطوبة Intermediate moisture foods فإنه يوصى بتعبئتها تحت ظروف صحية جيدة وتحفظ عند درجة حرارة الغرفة ٢٢-٢٤°م لمدة محدودة، و للحفظ لفترات طويلة تحفظ في جو بارد كالثلاجة. وبالنسبة

لأغذية حبوب الإفطارفإنها تحتوي على ٣-٥٪ من الرطوبة، أي أنها حصينة ضد النمو الميكروبي.

ويشيع في الوقت الحاضر استخدام بروبيونات الكالسيوم والصوديوم بنسبة ٠,١-٠,٣٪ لحفظ الخبز وبعض منتجات الحبوب الأخرى. وحديثاً شاع استعمال حمض السوربيك Sorbic acid وأملاحه بنسبة تصل إلى ٠,٣٪ على شكل سوربات البوتاسيوم.

المواد الغذائية ذات المحتوى السكري المرتفع

العسل Honey

يختلف العسل في التركيب ولكن في معظم الأحيان لا يحتوي على أكثر من ٢٥٪ من الرطوبة. ويحتوي العسل على ٧٠-٨٠٪ من السكر معظمه من الجلوكوز والفركتوز والحموضة مقدرة بالـ pH من ٣,٢ إلى ٤,٢.

والعسل المحضر بطرق تجارية، يبستر عادة على درجة حرارة ٧١-٧٢°م لعدة دقائق للتخلص من الخمائر ولمنع البلورة أثناء التخزين البارد وعادة ما يستخدم ٧١°م/٥ دقائق ثم التبريد فجأة إلى ٣٢-٣٨°م وتعرف هذه المعاملة بالتشتية Winterization.

ومعظم الفساد الناتج في العسل يكون نتيجة وجود خميرة محبة للتراكيز العالية من السكر Osmophilic yeasts مثل *Torula mellis, Zygosaccharomyces (Saccharomyces mellis)* ومعظم الأعفان لا تنمو إلا في حالات نادرة، فقد وجد بعض أنواع البنسليوم والميوكر *Penicillium* and *Mucor*.

والغريب في الأمر أن معظم الخميرة التي تنمو على العسل لا يمكنها النمو على

تراكيز مشابهة من السكر وهناك عدة نظريات تحاول تفسير هذه الظاهرة وهي :

١- أن العسل محب للماء Hygroscopic أي أنه يتشرب بالماء ويصبح مخففاً عند السطح حيث تبدأ الخمائر تتكاثر وتنمو وتتأقلم على التراكيز المرتفعة.

٢- عندتبلور السكر يترك وراءه محلولا سكريا بتركيزأقل يسمح بنمو الخمائر.

٣- مجرد تأقلم للخمائر على النمو في التركيز المرتفع من السكر.

السكر – من القصب والبنجر

من المشكلات التي تواجه صناعة السكر التلوث بميكروب يسمى *L. mesenteroides* والذي يحلل السكر إلى جلوكوز وفركتوز، ويكوِّن من الجلوكوز مركباً معقداً عبارة عن عديد الجلوكوز Glucose polymer يسمى بـ Dextran وهي مادة صمغية تسد أنابيب مصانع السكر أحياناً. وقد يستفاد من هذا المركب لأغراض مفيدة ولهذا ينتج بطرق التخمرات الغذائية Food fermentation.

الحلويات Candy

معظم الحلويات ليست حساسة للميكروبات وذلك لما تحتويه من سكر بنسب عالية التركيز مع انخفاض في الرطوبة، ويستثنى من ذلك حلوى الشكولاتة Chocolates والتي تحتوي بداخلها على سكر متحول Inverted sugars حيث يحصل أن ينمو أحياناً بعض الخمائر والكلوستريديوم، خاصة *Clostridium sporogenes* والتي تنتج غازات تجعل الحلاوة تنفجر من الجهة الضعيفة مما يجعل العصارة تنساب إلى خارج الحلوى.

العصائر و المشروبات المرطبة

يمكن الحصول على العصائر بالعصر مباشرة من الفواكه والخضار أو بعد

التقطيع والهرس لتحتوي على بعض القطع من اللب وقد تستخلص بالماء. ويمكن أن تستخدم بتركيزها الطبيعي أو تخفف أو تركز بالتبخير تحت ضغط منخفض كما هو الحال بالنسبة لمركزات العصائر لتسهيل حفظها ونقلها لمسافات طويلة، وتجدر الإشارة إلى أن معظم مصانع العصير في المملكة تعتمد على هذه المركزات Frozen concentrates لإنتاج العصائر المعلبة وشراب الفاكهة Fruit drink.

وعصير الفواكه في الغالب حامضي من pH ٢,٤ (الليمون) –٤,٢ (الطماطم) وكلها تحتوي على السكر بنسبة تتراوح بين ٢٪ (ليمون) و١٧٪ (عصير عنب).

هذه العصائر تتلوث بالأعفان والخمائر والبكتيريا من القشر أثناء استخلاص العصير و إزالة الشوائب أوالترويق. ومن مظاهر الفساد، التخمر الكحولي ؛ لوجود بعض الخمائرمثل الـ *S. cerevisiae* والخمائر المكونة للغشاء Film والتي تؤكسد الكحول وفي هذه الحالة تشاهد طبقة ترابية من الخلا يا التي تتزاحم للحصول على الهواء و الأعفان التي تنمو على السطح المعرض للهواء وتلونه باللون المميز للجراثيم الخاصة بالعفن.

أما عند درجة حرارة حوالي ٣٢-٣٥°م فيتوقع نمو بكتيريا حمض اللبن وبكتيريا حمض الخل في أغلب الأحيان، والتي تنتج حمض اللبن وحمض الخل وبعض الأحماض المتطايرة.

أما إذا انخفضت درجة الحرارة إلى ما قبيل التجمد فإنه من المتوقع نمو البكتيريا والخمائر المتحملة للبرودة Prsychrotrophic bacteria & Yeasts.